BİNALARIN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN BELİRLENEBİLME POTANSİYELİ

D. Koç San¹, M. Türker²

¹ ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Enstitü Anabilim Dalı, 06531, Ankara, <u>dkoc@metu.edu.tr</u> ² Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Ankara, <u>mturker@hacettepe.edu.tr</u>

ÖZET

Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden binaların otomatik olarak belirlenebilmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda pankromatik görüntü ile zenginleştirilmiş renkli görüntünün spektral değerleri, Sayısal Yükseklik Modeli ve nesne belirleme teknikleri kullanılmaktadır. Önce, sınıflandırma ve normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) sonuçları çakıştırılarak olası bina alanları tespit edilmektedir. Binaların yaklaşık yerlerinin tespit edilmesinden sonra bina sınırlarının belirlenmesi amacıyla olası bina alanlarına Canny kenar bulma algoritması uygulanarak kenarlar bulunmaktadır. Bulunan kenarlar Hough transformasyonu kullanılarak hücre veri yapısından vektör yapıya dönüştürülür. Hough transformasyoni şilemi sonucunda elde edilen çizgiler Algısal Gruplama teknikleri kullanılarak gruplanır ve bina sınırları belirlenir. Geliştirilen metot, Batıkent, Ankara'da, IKONOS siyah-beyaz ve zenginleştirilmiş renkli uydu görüntüleri kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, önerilen yaklaşımın, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden bina alanlarının bulunmasında ve bina sınırlarının tanımlanmasında, oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Uzaktan Algılama, Görüntü İşleme, Bina Belirleme, Hough Transformasyonu, Algısal Gruplama

ABSTRACT

THE POTENTIAL OF BUILDING DELINEATION FROM HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES

An approach was developed to extract buildings automatically from high resolution satellite images. The approach utilizes the spectral properties of the pan-sharpened multispectral bands, the elevation model generated from the stereo panchromatic bands and object extraction techniques. Initially, candidate building patches are determined overlaying building areas comes from classification and normalized Digital Surface Model (nDSM) results. After detecting the approximate locations of buildings Canny Edge Detection algorithm is applied to the candidate building patches to delineate the building boundaries. The detected edges are vectorized using Hough Transform. The lines detected using Hough Transform are grouped by using Perceptual Grouping algorithms and the building boundaries are generated. The developed approach was tested in a selected study area of Battkent, Ankara by using IKONOS panchromatic and pan-sharpened images. The results show that the proposed approach is quite satisfactory for detecting and delineating the buildings from high resolution satellite images.

Keywords: Remote Sensing, Image Processing, Building Detection, Hough Transformation, Perceptual Grouping

1. GİRİŞ

Binaların hava fotoğraflarından ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden belirlenmesi son zamanlarda önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bu konudaki ilk çalışmalarda siyah-beyaz hava fotoğrafları tek veri kaynağı olarak kullanılmıştır (Huertas ve Nevatia, 1988; Lin ve Nevatia, 1998; Kim ve Nevatia, 1999). Bu çalışmalarda kullanılan metotlar genellikle kenar bulma, çizgileri belirleme ve bina poligonlarını elde etme algoritmalarına dayalıdır. Diğer taraftan, binaların otomatik olarak belirlenmesinde yükseklik verisinin de önemli bir kaynak olduğu gerçeği ortaya çıkmıştır. LASER/ LIDAR (Light Detection and Ranging) verilerinden elde edilen Sayısal Yüzey Modelleri (SYM) kullanılarak binaların belirlendiği çalışmaların (Sohn ve Dowman, 2007; Priestnall vd., 2000) yanında hava fotoğraflarından oluşturulan SYM'lerin kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Jaynes vd., 2003; Niederost, 2000). Bazı yaklaşımlarda binaları otomatik olarak belirlemek için bina modelleri de kullanılmıştır (Suveg ve Vosselman, 2003; Tseng ve Wang, 2003). Binaların uydu görüntülerinden bulunması çalışmalarında spektral yansıma değerlerinin kullanılması ise kaçımılmaz bir gerçektir (Shan ve Lee, 2002; Lee vd., 2003).

Son yapılan bazı çalışmalarda binaların hava fotoğraflarından/uydu görüntülerinden elde edilmesinde hough transformasyonunun kullanıldığı görülmektedir. Cha vd. (2006) Hough transformasyonuna yeni bir ilave yapmış ve bu algoritmayı bina belirlemede uygulamışlardır. Geliştirilen algoritma görüntüdeki kısa çizgi parçalarının bulunabilmesini sağlamaktadır. Çizgi sonsuz uzunluğu anlatmaktadır. Oysa çizgi parçaları obje belirlemede daha anlamlıdır. Bu çalışmada genişletilen Hough transformasyonu objelere ait kısa çizgi parçalarını bulduğundan klasik Hough transformasyonuyla karşılaştırıldığında bazı objelerin daha kolaylıkla bulunmasını sağlamakta, dolayısı ile obje belirlemede daha başarılı olduğu söylenmektedir. Lee vd. (2003) IKONOS uydu görüntüsünde sınıflandırma ve

bölümleme yaparak bulunan binaların konumları ve çevresi üzerinde karesel bina sınırlarını bulmak için de Hough transformasyonu kullanmışlardır.

Diğer taraftan, Mohan ve Nevatia (1989); Lin vd., (1994) ve Michaelsen vd., (2006) yaptıkları çalışmalarda bina sınırlarını belirlemede elde edilen çizgi ve çizgi parçalarını gruplayarak bina sınırları oluşturmak amacıyla Gestalt teorisine dayalı Algısal Gruplama algoritmaları kullanılmıştır. Bu çalışmalarda obje belirleme işlemi sonucunda hava fotoğrafından elde edilen çizgi parçaları algısal gruplama algoritmaları kullanırak gruplanmıştır. Gruplamalar binaların şekilleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Ticari amaçlı yüksek çözünürlüklü uydulardan 1999 yılında görüntü alınmaya başlanmasından sonra uydu görüntüleri binaların belirlenmesinde önemli bir veri kaynağı olmuştur (Fraser vd., 2002, Lee vd. 2003; Jin ve Davis, 2005; Sohn ve Dowman, 2007). Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri hava fotoğraflarından daha kolay ve daha ucuza elde edilebildiğinden avantajları vardır.

Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin spektral yansıma değerleri, Sayısal Yükseklik Modelleri ve obje belirleme teknikleri kullanılarak binaların otomatik olarak belirlenmesi için geliştirilmiş olan yaklaşım anlatılmaktadır. Önce, uydu görüntüsünün spektral değerleri ve SYM kullanılarak olası bina alanları bulunmakta, sonra olası bina alanları üzerinde kenar belirleme, hough transformasyonu ve algısal gruplama algoritmaları uygulanarak bina sınırları belirlenmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETLERİ

Geliştirilen yaklaşım farklı şekilde ve kullanımda olan binaları içeren Batıkent, Ankara'da uygulanmıştır (Şekil 1). Batıkent Projesi Türkiye'de kooperatifler yoluyla yapılmış en büyük toplu konut projesidir. Proje 10 km²'lik bir alanı kapsamaktadır ve 50000 konut ünitesi olarak 250000 insan için planlanmıştır. Bu proje 1979 yılında Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı'nın liderliğinde sendikalar, ticaret ve esnaf birlikleri gibi gruplardan oluşan Kent-Koop (Batıkent Konut Yapı Kooperatifleri Birliği) tarafından başlatılmıştır. İlk yapılaşmalar 1980'de başlamış ve 1990'lı yıllara gelindiğinde arazi kullanımı büyük ölçüde değişmiştir. Bölgede yapılaşma günümüzde hala devam etmektedir.

Çalışmada kullanılan veri setleri, IKONOS stero pankromatik ve pankromatik ile birleştirilmiş renkli uydu görüntüleri ve mevcut vektör veritabanıdır. Aynı yörüngeden uçuşa paralel olarak çekilen stero görüntüler 4 Ağustos 2002 tarihlidir. Görüntüler "Geo" IKONOS formatındadır. Bu formattaki görüntülerin yatay konumsal doğruluğu yaklaşık 50 m'dir. Sayısal Arazi Modeli oluşturmak için kullanılan eş yükselti eğrileri ve elde edilen bina sınırlarının doğruluğunu hesaplamak için güncellenerek kullanılan mevcut sayısal bina vektör veritabanı Ankara Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (ASKİ) tarafından 1999 yılında yaptırılan ve Ankara metropolitan alanını kapsayan 1:1000 ölçekli veriden üretilmiştir.



Şekil 1: Çalışma alanı, Batıkent, Ankara

3. METODOLOJİ

Geliştirilen yaklaşımda başlıca üç adım bulunmaktadır: (i) Ön analizler, (ii) bina alanlarının bulunması ve (iii) bina sınırlarının belirlenmei. Çalışmanın akış şeması şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Geliştirilen yaklaşımın akış şeması

3.1. Ön Analizler

Görüntülerdeki geometrik hataları düzeltmek ve referans verisi olarak kullanılan mevcut CBS veritabanının görüntü ile hassas bir şekilde çakıştırılmasını sağlamak amacıyla görüntüler ortorektifiye edilmiştir. Sonra, ortorektifiye edilmiş pankromatik ve renkli bantları birleştirilmiş görüntülerin kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantları kullanılarak, bitki örtüsü endeksi hesaplanmış ve bu endeks kullanılarak yeşil alanlar maskelenmiştir. Bitkisel alanları diğer alanlardan ayırabilmek için deneysel olarak belirlenmiş olan "0.137" eşik değeri kullanılmıştır.

3.2. Bina Alanlarının Bulunması

3.2.1. Görüntü Sınıflandırılması

Ortorektifiye edilmiş sol görüntü "En Büyük Olasılık Sınıflandırma" tekniği ile sınıflandırılmıştır. Bunun için, *Bina*, *Bitki Örtüsü, Yol, Yaya Kaldırımı, Gölge* ve *Boş Alan* sınıfları ile ve bu sınıfların alt sınıfları belirlenmiştir. Her sınıf için, görüntü üzerinden eğitim alanları seçilmiştir. Eğitim alanları belirlenirken görüntü ekranda, yakın kızıl ötesi bant kırmızı kanala, kırmızı bant yeşil kanala ve yeşil bant mavi kanala atanarak gösterilmiştir. Eğitim alanlarının belirlenmesi sırasında bu bant bileşiminin kullanılmasındaki amaç sınıfların bu bant bileşeninde daha kolay ayırt edilebiliyor olmasıdır. Sonra, seçilmiş olan eğitim alanlarından, her sınıf için, istatistikler (hücre sayısı, ortalama, standart sapma ve kovaryans) hesaplanmıştır. Şekil 3'te çalışma bölgesinden seçilen bir alan ve bu alanın sınıflandırma sonucu görülmektedir.



Şekil 3: Çalışma bölgesinden seçilen bir alanın (a) 4,3 ve 2 bant kombinasyonu ve (b) sınıflandırma sonucu.

3.2.2. Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modelinin (nSYM) Oluşturulması

Bina belirleme metotlarında yükseklik modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü, araziden belli bir yükseklikte olan kentsel nesneler nSYM'ye bir eşik değerinin uygulanmasıyla bulunabilmektedir. nSYM, SYM'den SAM'in çıkarılmasıyla (nSYM = SYM – SAM) elde edilir (şekil 4). SAM, yalnız topoğrafyanın yükseklik modelidir ve dolayısı ile, yerden yüksekte olan nesneleri içermez. SYM ise yeryüzeyinin yükseklik modelidir ve topoğrafyanın yanısıra tüm üç boyutlu nesneleri de içerir. Burada zorluk binalarla ağaçların birbirinden ayırt edilmesinde yaşanmaktadır. Fakat bu sorun bitki örtüsü indeksi kullanılarak çözülebilir.

Bu çalışmada SAM mevcut sayısal vektör veritabanındaki eş yükselti eğrileri ve noktasal yükseklik verilerinden, SYM ise stereo IKONOS uydu görüntülerinden PCI Geomatica 9.1'in OrthoEngine modülü kullanılarak elde edilmiştir. SYM oluşturmak için, 48 kontrol noktasının koordinatları Diferansiyel Küresel Konumlandırma yöntemi ile sahada ölçülmüştür. Bu noktalardan 24 adedi Yer Kontrol Noktası (YKN), kalan 24 adedi ise Bağımsız Denetim Noktası (BDN) olarak seçilmiştir. SAM ve SYM'nin elde edilmesi ve doğruluk analizleri ile ilgili detaylar Koç ve Türker (2005)'de verilmektedir. Elde edilen SAM'in doğruluğu 0.2 m, SYM'nin doğruluğu ise 0.7 m olarak hesaplanmıştır. Sonra, SYM'den SAM'ın çıkarılması işlemi uygulanarak nSYM oluşturulmuştur. Daha önce hesaplanmış olan bitki örtüsü indeksi bantı kullanılarak yeşil alanlar maskelenmiş ve binalarla yeşil alanlar (ağaçlar vs.) birbirinden ayrılmıştır. Yeşil alanların maskelenmesinden sonra, nSYM'ye 3 m eşik değeri uygulanarak bu değerin üzerinde yüksekliğe sahip kent nesnelerinin de ayrılması sağlanmıştır. Eşik değerinin 3 m alınmasının nedeni çoğunlukla 3 – 4 m yüksekliğinde olan tek katlı binaların nSYM'de gözükmesini sağlamak ve 3 m'den daha alçak objeleri de bina olamayacakları gerekçesiyle elimine etmektir. Böylece, yalnız bina alanlarının yüksekliklerini içeren bir SYM elde edilmiştir. Daha sonra, çakıştırma analizi işlemi ile sınıflandırma ve nSYM sonucu bina olarak belirlenen alanlar birleştirilmiş ve böylece olası tüm bina alanları elde edilmiştir.



Sekil 4: Seçilen bir alanın (a) nSYM sonucu ve (b) bitki örtüsü alanları maskelenmiş ve eşik değeri uygulanmış nSYM.

3.2.3. Artefaktların Yok Edilmesi

Sınıflandırma işlemi sırasında yanlış sınıflandırılan hücreler ve nSYM'nin oluşturulması sırasındaki hatalardan dolayı elde edilen olası bina alanları artefaktlar içerebilmektedir. Bunları gidermek için "açılma" ve "kapanma" morfolojik operasyonları kullanılmıştır. Morfolojik operasyonlar görüntüleri şekle göre işleyen görüntü işleme operasyonları izotropik yapılanma elemanı ile birlikte kullanılmış ve böylece, objelerin genel biçimleri bozulmamıştır (Sonka vd., 1998). Aşınmayı takip eden genişleme "açılma"yı oluşturur. Görüntünün (f), yapılanma elemanı (k) ile açılması " $f \circ k$ " ile gösterilir ve formül 1'deki gibi tanımlanır. Genişlemeyi takip eden aşınma ise "kapanma" olarak adlandırılır. Görüntünün (f), yapılanma elemanı (k) ile kapanması " $f \bullet k$ " ile gösterilir ve formül 2'deki gibi tanımlanır.

$$f \circ k = (f \Theta k) \oplus k \tag{1}$$

$$f \bullet k = (f \oplus k) \Theta k \tag{2}$$

Açılma filtresi ince çıkıntıları, dışarı doğru olan sivri sınır düzensizliklerini, ince birleşimleri ve izole olmuş küçük objeleri yok eder. Diğer taraftan, kapanma filtresi ise ince girintileri, içe doğru olan sivri sınır düzensizliklerini ve küçük boşlukları yok eder (Gonzales vd., 2004). Bu nedenle, açılma ve kapanma operasyonlarını birleştirmek artefaktları ve gürültüyü yok etmek için oldukça elverişli olabilmektedir.

3.3. Bina Sınırlarının Belirlenmesi

Olası bina alanlarının belirlenmesinden ve artefaktların yok edilmesinden sonraki aşama bina sınırlarının belirlenmesidir. Bunun için önce "Canny Kenar Bulma" algoritması kullanılarak bina alanlarını oluşturan kenarlar belirlenmiştir. Canny'nin diğer kenar bulma algoritmalarına göre bazı avantajları vardır. Bu algoritma tek hücre kalınlığında kenarlar üretir ve kırık çizgileri iki eşik değeri kullanarak birleştirir. Canny algoritmasının uygulanması sonucunda bina kenarların gösteren ve iki renk (siyah-beyaz) içeren bir görüntü elde edilmiştir. Elde edilen hücre veri yapısındaki kenarları vektör yapıya çevirmek için ise Hough Transformasyonu kullanılmıştır. Hough Transformasyonu objeleri oluşturan düz çizgilerin elde edilmesinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu transformasyonun amacı, herhangi bir noktadan geçen her biri farklı doğrultuda sonsuz sayıda potansiyel çizgilerden hangilerinin görüntüdeki objelerden geçtiğini bulmaktır. Hough Transformasyonunda herbir çizgi iki parametreyle gösterilir. Bu parametreler uzunluk (r) ve çizginin normalinin orjinle yaptığı açıdır (θ) (Şekil 5).



Şekil 5: Düz çizginin parametrik tanımlaması

Hough Transformasyonu ile çizgilerin vektör yapıda elde edilmesinin ardından, her bir bina için, o binayı oluşturan çizgiler, algısal gruplama algoritmaları kullanılarak gruplanırlar. Dolayısı ile, Algısal Gruplama işlemi ile binaları oluşturan çizgiler gruplanmakta ve binalara ait olmayan çizgiler ise elimine edilmektedir. Önerilen yaklaşımda, bir binanın kenarlarını oluşturan çizgilerin gruplaması ve analizleri şu şekilde yapılmaktadır (Şekil 6): Önce, hough çizgileri olası bina alanlarının orta noktalarına, uzaklıklarına göre, gruplanır. Hough çizgilerinin gruplanma işleminden sonra, her bir bina alanı için, baskın çizgi parçası tespit edilir. Bu çalışmada, en uzun çizgi baskın çizgi olarak kabul edilmiştir, çünkü bu çizgi çok büyük bir olasılıkla binanın gerçek kenarlarından biridir. Baskın çizginin belirlenmesinden sonra, hough çizgileri arasından baskın çizgiye dik (90° \pm 10°) en uzun çizgi seçilmiştir. Dolayısı ile, bina sınırlarının belirlenmesi, seçilen bu iki çizgiye dayalı olarak yapılmaktadır. Sonra, seçilen iki çizginin kesişim noktasının, olası bina alanının orta noktasına uzaklığı hesaplanır ve olası bina alanının orta noktasından bu uzaklığa eşit mesafede ve aksi yönde yeni bir nokta elde edilir. Yeni noktadan geçen ve en uzun çizgilere paralel olan diğer çizgiler çizdirilir. Son işlem adımı olarak, bu dört çizginin birleştirilmesiyle de bina sınırı elde edilmiş olur. Önerilen bu yaklaşım dört adada test edilmiştir ve elde edilen bina sınırları Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 6: Hough çizgilerini gruplama algoritması adımlarının şematik gösterimi.



Şekil 7: Dört farklı yapı adası için, geliştirilen yaklaşım kullanılarak otomatik olarak belirlenmiş bina sınırları.

4. DOĞRULUK ANALİZİ VE TARTIŞMA

Sınıflandırma sonucunda binaların yaklaşık konumları ve şekilleri bulunabilmektedir. Ancak, diğer sınıflarla benzer spektral yansıma değerlerine sahip binaların doğru sınıflandırılamadığı görülmüştür (Şekil 8). Bu nedenle önerilen yaklaşımda bina alanlarının bulunması için sınıflandırılmış görüntü ve nSYM birlikte kullanılmaktadır.



Şekil 8: (a) Pankromatik ile birleştirilmiş renkli IKONOS uydu görüntüsü, (b) sınıflandırılmış görüntü ve (c) nSYM sonucu (bitki örtüsü maskelenmiş ve eşik değeri uygulanmış)

Geliştirilen yaklaşımda öncelikle yaklaşık bina alanları bulunmakta, sonra, obje belirleme teknikleri yalnız bu alanlar üzerinde uygulanmaktadır. Bu nedenle, elde edilen bina sınırlarının doğruluğu doğrudan sınıflandırma ve nDSM'nin doğruluğuna bağlıdır. Bu yaklaşım bina dışındaki diğer objelere ait kenarları elimine etmekte ve dolayısı ile, yalnız bina alanlarına odaklanmayı sağlamaktadır.

Önerilen yöntemin uygulanmasıyla otomatik bulunan bina alanlarının doğruluklarının hesaplanabilmesi için 1999 yılına ait mevcut sayısal bina vektör veritabanı uydu görüntüsünden elle güncellenmiş ve bu veri seti referans bina veri tabanı olarak kullanılmıştır. Elde edilen binaların sınırlarının doğruluğunu hesaplamak için otomatik belirlenen bina alanları ile referans bina alanları karşılaştırılarak dört sınıf (Doğru Pozitif - DP, Doğru Negatif - DN, Yanlış Pozitif - YP ve Yanlış Negatif - YN) oluşturulmuştur (Shufelt ve McKeown, 1993). Doğru Pozitif (DP), hem önerilen yöntem sonucunda hem de referans veride bina olarak belirlenen alanlardır. Doğru Negatif (DN), hem önerilen yöntem sonucunda hem de referans veride arka plan (bina olmayan alan) olarak belirlenen alanlardır. Yanlış Pozitif (YP), sadece önerilen yöntem sonucunda bina olarak belirlenen alanları temsil ederken Yanlış Negatif (YN), sadece referans veride bina olarak belirlenen alanları temsil etmektedir. Daha sonra, her ada için, ayrılma katsayısı (YP/DP), kaçırma katsayısı (YN/ DP), bina belirleme yüzdesi (100 * DP / (DP+YN)) ve kalite yüzdesi (100 * DP / (DP+YP+YN)) değerleri hesaplanmıştır. Ayrılma katsayısı yanlışlıkla bina olarak bulunan alanların oranıdır ve fazladan bina alanı olarak belirlenen alanların, doğru bir şekilde bina alanı olarak belirlenen alanlara bölünmesiyle elde edilir. Kaçırma katsayısı ise kaçırılan bina alanları oranını göstermekte olup gerçekte bina olduğu halde otomatik yaklaşımda bina olarak belirlenemeyen alanların, doğru bir şekilde bina alanı olarak belirlenen alanlara oranıdır. Bina belirleme yüzdesi otomatik yaklaşımla doğru bulunan alanların yüzdesini göstermektedir. Diğer taraftan, kalite yüzdesi önerilen yaklaşımın performansının toplam ölçümünü göstermektedir. Dört ada için hesaplanmış olan değerler tablo 1'de verilmiştir.

Yapı Adaları	Ayrılma Katsayısı	Kaçırma Katsayısı	Bina Belirleme Yüzdesi	Kalite Yüzdesi
Ι	0.17	0.04	95.6	82.5
II	0.07	0.25	80.3	76.0
III	0.14	0.26	79.6	71.7
IV	0.16	0.28	78.4	70.0

Tablo 1: Şekil 7'de gösterilen yapı adalarına göre bina belirleme doğruluklarının değerlendirmesi

Tablo1' deki veriler, bize önerilen yaklaşımla otomatik belirlenmiş olan binaların sınırlarının doğruluğu hakkında fikir vermektedir. I. II. III. ve IV. nolu yapı adaları için ayrılma katsayıları 0.17, 0.07, 0.14 ve 0.16, kaçırma katsayıları ise 0.04, 0.25, 0.26 ve 0.28 olarak hesaplanmıştır. Bina belirleme yüzde değerleri, I. II. III. ve IV. yapı adaları için sırasıyla 95.6; 80.3; 79.6 ve 78.4 olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan, kalite yüzdeleri sırasıyla 82.5; 76.0; 71.7 ve 70.0 olarak bulunmuştur. Kalite yüzdesi, otomatik yaklaşım sonucunda elde edilen bina alanlarının gerçekte bina olma olasılığını göstermektedir.

Sonuçlar incelendiğinde, en yüksek doğruluk değerinin I. yapı adasında en düşük doğruluk değerinin ise IV. yapı adasında elde edildiği görülmektedir. Adalardaki farklı doğruluk değerlerinin binaların yüksekliklerindeki değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mevcut referans verideki binaların konumları bina tabanlarını göstermektedir. Fakat, binaların uydu görüntülerinden otomatik olarak bulunması ancak bina çatısı kenarlarından

Binaların Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Belirlenebilme Potansiyeli

yapılabilmektedir. Diğer taraftan, oluşturulan ortofoto gerçek ortofoto olmadığından bina tabanı ile bina çatısı aynı izdüşüm düzlemi üzerinde değildir. Bu nedenle, bina yüksekliği arttıkça elde edilen doğruluk oranının da düştüğü gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, coğrafi verilerin elde edilmesinde oldukça önemli veri kaynağı haline gelmiştir. Son zamanlarda, binaların yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden bulunması ile ilgili çalışmalarda artış gözlemlenmektedir. Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden binaları otomatik olarak bulmak ve mevcut sayısal vektör veritabanını güncellemek amacıyla bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşımda uydu görüntüsünün spektral değerlerinin yanısıra nSYM de kullanılarak önce binaların yaklaşık konumları belirlenmiş, daha sonra ise bina sınırları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar önerilen yaklaşımın yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden binaların belirlenmesinde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

Önerilen yaklaşımın uygulandığı dört yapı adasında toplam 60 bina bulunmaktadır. Önerilen yaklaşımla otomatik olarak belirlenen bu binaların doğrulukları hesaplanmış ve ortalama ayrılma katsayısı 0.14, ortalama kaçırma katsayısı 0.20, ortalama bina belirleme yüzdesi 83.2 ve ortalama kalite yüzdesi 74.7 olarak bulunmuştur.

Çalışmada tüm binaların kare veya dikdörgen şeklinde oldukları ve kenarlar arasındaki açıların dik $(90^\circ \pm 10^\circ)$ olduğu varsayımları yapılmıştır. Algoritma farklı şekilde binaları da bulabilecek şekilde geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

Cha J., Cofer R. H., Kozaitis S.P., 2006. Extended Hough Transform for Linear Feature Detection, Pattern Recognition 39, 1034-1043.

Fraser C., Baltsavias E., Grün A., 2002. *Processing of Ikonos Imagery for Submetre 3D Positioning and Building Extraction*, ISPRS J. Photogr. Remote Sens., 56(3), 177-194.

Gonzalez R. C., Woods R. E., Eddins S. L., 2004. *Digital Image Processing Using Matlab*, Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.

Huertas A., Nevatia R., 1988. *Detecting Buildings in Aerial Images*, Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol.41, pp.131-152.

Jaynes C., Riseman E., Hanson A., 2003. *Recognition and Reconstruction of Buildings from Multiple Aerial Images*, Computer Vision and Image Understanding, Vol.90, pp.68-98.

Jin X., Davis C. H., 2005. Automated Building Extraction from High Resolution Satellite Imagery in Urban Areas Using Structural, Contextual, and Spectral Information, EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 14, 2196-2206.

Kim Z. W., Nevatia R., 1999. Uncertain Reasoning and Learning for Feature Grouping. Computer Vision and Image Understanding, Vol.76, No.3, 278-288.

Koç D. ve Türker M., 2005. IKONOS Pankromatik Uydu Görüntülerinden Sayısal Yükseklik Modeli Oluşturulması, Harita Dergisi, Sayı: 134, 31-43.

Lee S., Shan J., Bethel J. S. 2003. *Class-Guided Building Extraction from Ikonos Imagery*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 69, No.2, pp. 143-150.

Lin C., Huertas A., Nevatia R., 1994. *Detection of Buildings Using Perceptual Grouping and Shadows*, Computer Vision and Pattern Recognition. Proceedings CVPR '94., 1994 IEEE Computer Society Conference on. 62-69.

Lin C. and Nevatia R., 1998. Building Detection and Description from a Single Intensity Image, Computer Vision and Image Understanding, Vol.72, No.2, 101-121.

Michaelsen E., Soergel U., Thoennessen U., 2006. Perceptual Grouping for Automatic Detection of Man-Made Structures in High Resolution SAR Data, Pattern Recognition Letters 27, 218-225.

Mohan R., Nevatia R., 1989. Using Perceptual Organization to Extract 3D Structures, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No.11, 1121-1139.

Niederost M., 2000. Reliable Reconstruction Of Buildings For Digital Map Revision, IAPRS, Vol.XXXIII, Amsterdam.

Priestnall G., Jaafar J., Duncan A., 2000. *Extracting Urban Features from Lidar Digital Surface Models*, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 24, pp. 65-78.

Shan J., Lee S., 2002. *Generalization of Building Polygons Extracted from Ikonos Imagery*, Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Working Group IV/3, Ottowa.

Shufelt J.A., McKeown D.M., 1993. *Fusion of Monocular Cues to Detect Man-Made Structures in Aerial Imagery*, CVGIP: Image Understanding, 57 (3), 307-330.

Sohn G., Dowman I., 2007. *Data Fusion of High Resolution Satellite Imagery and LIDAR Data for Automatic Building Extraction*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 62, 43-67.

Sonka M., Hlavac V., Boyle R., 1998. Image Processing, Analysis, and Machine Vision, PWS Publishing.

Suveg I., Vosselman G., 2003. *Reconstruction of 3D Building Models from Aerial Images and Maps,* ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol 58, Issues 3-4, pp. 202-224.

Tseng Y., Wang S., 2003. Semiautomated Building Extraction Based on CSG Model-Image Fitting, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 69, No. 2, pp. 171-180.